

Dekoder DTMF z głosową prezentacją numeru

AVT-561



Dekoder przedstawiony w artykule znacznie odbiega budową od układów standardowych, gdyż nie ma wyświetlacza! Informacja o pojawieniu się tonu DTMF jest prezentowana głosowo.

Rekomendacje: układ niezastąpiony dla osób słabo widzących - ułatwia bowiem prawidłowe wybranie numeru telefonu. Może być też bardzo przydatny w punkcie serwisowym urządzeń telekomunikacyjnych.

Ponieważ wypowiedzenie w normalnym tempie słów odpowiadających liczbom z zakresu 0...15 (dziesiętnie) trwa dłużej niż ich wybranie za pomocą kodera DTMF, konieczne stało się zastosowanie pamięci buforującej odebrane cyfry DTMF i sekwencyjne ich odtwarzanie.

Według standardu DTMF ton powinien trwać minimum 50 ms, następnie powinna nastąpić cisza trwająca również 50 ms, a następnie można wysłać kolejny ton. Wysłanie jednego tonu trwa więc około 100 ms, a wypowiedzenie odebranej liczby odpowiadającej tonowi trwa znacznie dłużej, nawet do jednej sekundy. Bezpośrednie sterowanie „gadającego” układu ISD1420 z odbiornika DTMF objawiałoby się „gubieniem” niektórych tonów, gdyż jeśli w czasie odtwarzania pojawiłby się kolejny ton, to zostałby on zignorowany. Zastosowanie pamięci pośredniczącej umożliwia zapis do niej wszystkich odebranych tonów, a ich „wypowiadanie” jest później wykonywane kolejno.

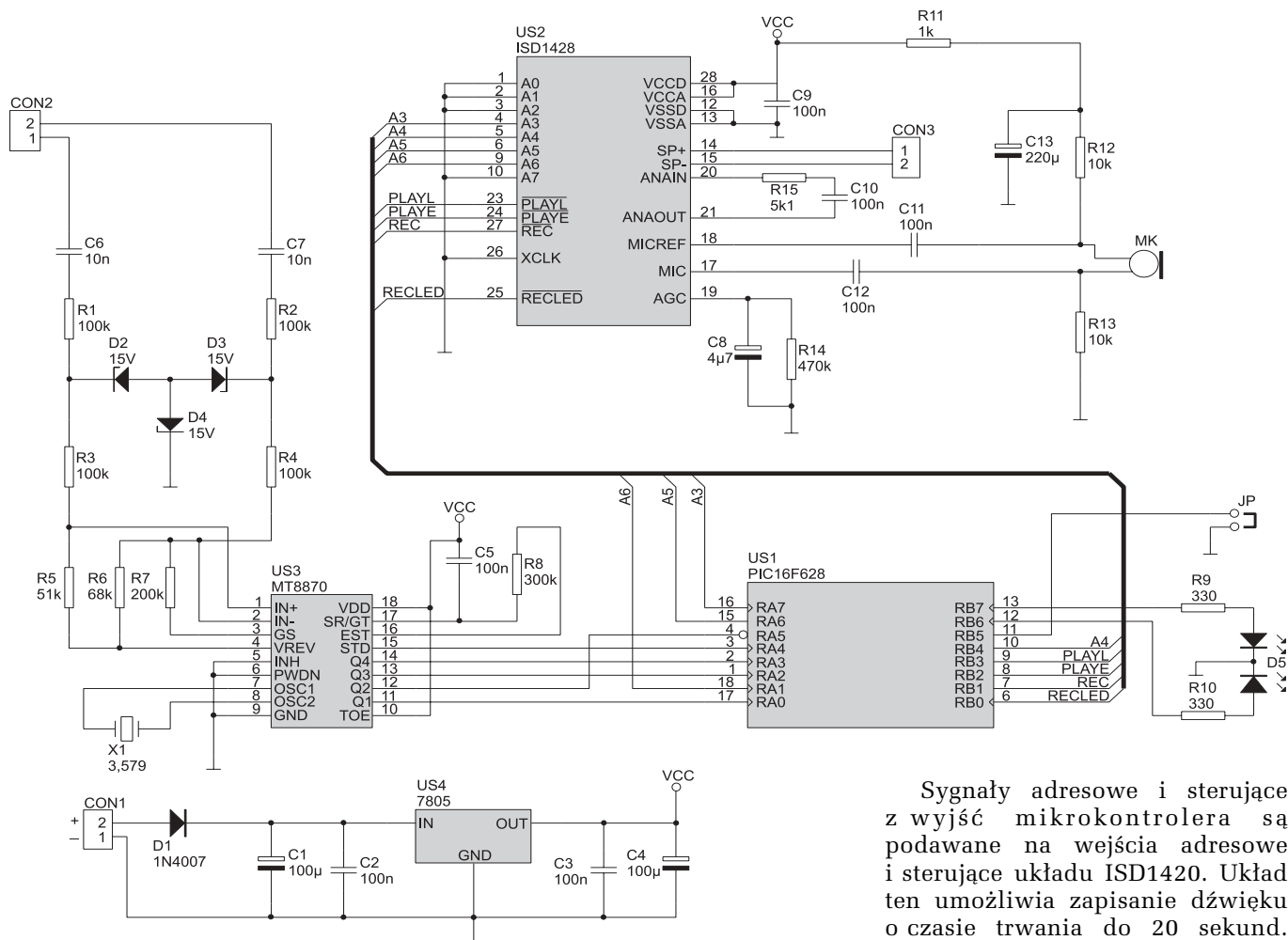
Analizator umożliwia odebranie wszystkich szesnastu tonów DTMF. W zależności od posiadanego nadajnika DTMF, analizowane będą wszystkie tony lub tylko dwanaście. Spowodowane jest to tym, że

odtworzone komunikaty należy najpierw nagrać w pamięci układu ISD1420. Nagranie komunikatu jest poprzedzone podaniem tonu DTMF odpowiadającego temu komunikatowi. Jeśli analizator będzie współpracował ze zwykłym aparatem telefonicznym, to z jego klawiatury mamy możliwość wybrania tylko dwunastu tonów, więc w czasie nagrywania będzie można nagrać tylko dwanaście komunikatów. Analizator będzie wówczas rozpoznawał tylko dwanaście tonów DTMF. Jeśli analizator będzie współpracował z nadajnikiem wszystkich szesnastu tonów DTMF, to podczas nagrywania komunikatów zostaną nagrane wszystkie.

Przedstawiony analizator może być używany zarówno w serwisie, gdzie niezbędne jest odbieranie wszystkich szesnastu tonów DTMF, jak i w domu, jako przystawka do telefonu, dzięki której - podczas wybierania numeru - będzie można sprawdzić, czy na pewno aparat telefoniczny wybrał taki numer, jak chcieliśmy.

Budowa i działanie

Schemat elektryczny analizatora DTMF przedstawiono na rys. 1. Jego pracą steruje mikrokontroler PIC16F628 (US1). Taktowany jest sygnałem z wewnętrznego generatora RC o programowanej częstotliwości (4 MHz lub 37 kHz). Zastosowanie tego generatora umożliwia zwiększenie liczby do-



Rys. 1. Schemat elektryczny dekodera

stępnych wyprowadzeń mikrokontrolera, gdyż wyprowadzenia RA6 i RA7 - normalnie wykorzystywane do dołączenia rezonatora kwarcowego - spełniają w układzie dekodera funkcję linii wejścia/wyjścia. Także sygnał sterujący jest generowany przez wewnętrzne moduły, dzięki czemu uzyskujemy jeszcze jedno wyprowadzenie mikrokontrolera RA5. „Odzyskane” wyprowadzenie może spełniać funkcję linii wejściowej.

Przy odpowiedniej konfiguracji mikrokontroler PIC16F628 ma więc dwa pełne porty ośmiobitowe. Mikrokontroler jest odpowiedzialny za odbieranie pojawiających się tonów DTMF, odpowiednie ich przetworzenie iysterowanie układu odtwarzania dźwięku US2.

Do dekodowania tonów DTMF zastosowano układ typu MT8870. Kondensatory C6 i C7 oddzielają składową stałą z linii telefonicznej od wzmacniacza wejściowego zawartego w układzie US3. Diody Zenera D2...D4 zabezpieczają ten

wzmacniacz przed wysokim napięciem mogącym pojawić się w linii telefonicznej. Do pracy układu MT8870 niezbędny jest rezonator kwarcowy o częstotliwości 3,579 MHz (X1). Układ MT8870 nieustannie monitoruje linię telefoniczną i jeśli pojawi się ton DTMF, to na wyjściu STD pojawi stan „1”, a na wyjściach Q1...Q4 pojawi odpowiadający odebranemu tonowi. Jeśli na wyjściu STD pojawi się poziom wysoki, to mikrokontroler odczyta stany wyjść Q1...Q4 i zapisze je w wewnętrznej pamięci pod kolejnym adresem.

Mikrokontroler na podstawie odebranego kodu tonu steruje odpowiednio układem odtwarzania dźwięków (US2). Dołączona do portów mikrokontrolera dwukolorowa dioda służy do sygnalizacji stanu pracy całego układu. Zwórka JP umożliwia przełączenie mikrokontrolera w tryb programowania i umożliwia nagrywanie komunikatów.

Sygnaly adresowe i sterujące z wyjść mikrokontrolera są podawane na wejścia adresowe i sterujące układu ISD1420. Układ ten umożliwia zapisanie dźwięku o czasie trwania do 20 sekund. Układ US2 posiada wewnętrzny wzmacniacz wejściowy, co umożliwia bezpośrednie dołączenie mikrofonu. W układzie dekodera mikrofon dołączono poprzez kondensatory C11 i C12. Rezystory R11...R13 i kondensator C13 tworzą obwód zasilania mikrofonu. Kondensator C13 o dużej pojemności ma na celu wygładzenie napięcia zasilającego mikrofon.

Układ ISD1420 zawiera w swojej strukturze również wzmacniacz wyjściowy. Wprawdzie ma on niewielką moc, ale umożliwia bezpośrednie dołączenie głośnika do wyjść SP- i SP+. Układ ISD1420 pracuje w trybie adresowym, rozpoczynając odtwarzanie od podanego na wejścia adresu A0...A7. W dekodерze wykorzystywane są tylko cztery wejścia adresowe, gdyż do pracy analizatora wymagane jest odtworzenie 16 komunikatów. Za pomocą wejść adresowych oznaczonych jako A3...A6 możliwe jest ustalenie szesnastu adresów, z których każdy będzie różnił się od poprzedniego o czas nagrania równy jednej sekundzie. Czas jed-

nej sekundy wydaje się zbyt krótki do nagrania poszczególnych komunikatów, jednak w praktyce okazało się, że jest w zupełności wystarczający.

Jak wcześniej wspomniano, bezpośrednie sterowanie układem ISD1420 z wyjść odbiornika DTMF (US3) powodowałoby utratę niektórych tonów. Dlatego w mikrokontrolerze zaimplementowano 64-bajtową pamięć buforującą, dzięki czemu szybko zmieniające się tony DTMF nie są gubione. Wykorzystanie 64 komórek pamięci jest przewidziane „na wyrost“, gdyż przyjmując minimalny czas pojedynczego tonu DTMF równy 100 ms (z przerwą) oraz maksymalny czas trwania pojedynczego komunikatu 1 s widać, że w czasie jednej sekundy może być wygenerowane maksymalnie 10 tonów, więc wystarczyłoby tylko 10 komórek pamięci. Jednak zastosowany mikrokontroler ma znaczną ilość pamięci RAM, więc nie ma potrzeby jej oszczędzania.

Na rys. 2 przedstawiono algorytm pracy mikrokontrolera. Zmienna *BUF* oznacza 64-bajtową pamięć buforującą, zmienna *i* oznacza adres w pamięci *BUF* dla odczytu, zaś zmienna *j* adres w pamięci *BUF* podczas zapisu.

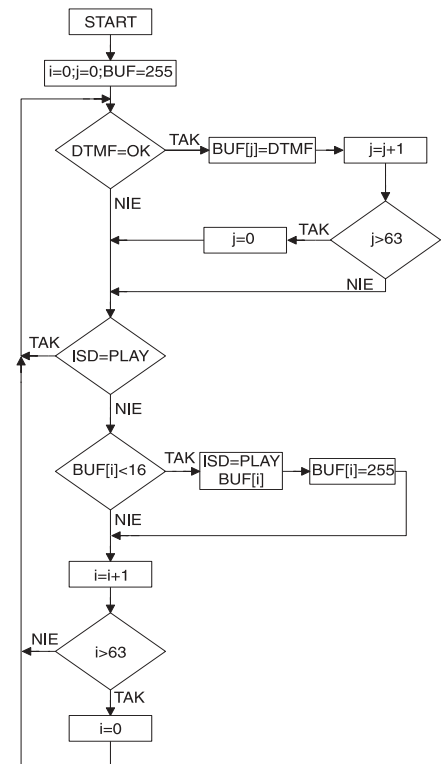
Po włączeniu zasilania następuje wyzerowanie liczników *i* i *j*, a do wszystkich komórek (słowa tworzącego bajt) pamięci buforującej zostają zapisane same jedynki (255 dziesiętnie). Następnie mikrokontroler sprawdza, czy nie został odebrany przez odbiornik US3 ton DTMF. Jeśli nie, to sprawdzane jest, czy układ ISD1420 nie odtwarza komunikatu. Następnie przeszukiwana jest zawartość pamięci *BUF*. Jeśli bajt w pamięci buforowej o adresie podanym w zmiennej *i* ma wartość większą od 16, to oznacza, że nie jest w nim zapisany kod odebranego tonu DTMF i następuje sprawdzanie kolejnych bajtów, a jednocześnie jest sprawdzane, czy nie został odebrany ton DTMF.

Ta sekwencja czynności jest realizowana do momentu odebrania tonu DTMF i w tym czasie żadne komunikaty nie są „wypowiadane“. Jeśli jednak ton zostanie odebrany, to zostanie natychmiast zapisany w pamięci pod adresem wskazanym przez zmienną *j*.

Następnie wartość tej zmiennej zostanie zwiększona o jeden, aby ustawić adres dla kolejnego tonu. Zapisanie do pamięci *BUF* numeru kodu odebranego tonu zostanie wykryte przez procedurę przeszukującą pamięć, gdyż jeden z bajtów (słów) będzie miał wartość mniejszą od szesnastu (numery kodu DTMF zawierają się w zakresie 0...15) i nastąpi uruchomienie odtwarzania odpowiedniego komunikatu przez układ ISD1420.

Mikrokontroler wykonuje uruchomienie odtwarzania poprzez ustawienie odpowiedniego adresu na wejściach adresowych A3...A6 układu ISD1420, a następnie podaje impuls ujemny na jego wejście *PLAYE*. Jednocześnie do komórek pamięci (bajtu), w których była zapisana wartość odebranego tonu DTMF, zostaje wpisana wartość 255. Wpis ten jest konieczny, aby przy następnym przeszukiwaniu pamięci nie nastąpiło ponowne odtworzenie tego samego komunikatu. Jeśli nie dokona się tego wpisu (kasowanie odtworzonej wartości kodu), to po naciśnięciu klawisza jego kod byłby odtwarzany „na okrągło“. Po uruchomieniu odtwarzania komunikatu mikrokontroler sprawdza, czy nie został odebrany ton DTMF, ale nie przeszukuje już pamięci w celu sprawdzenia, czy odebrano nowe tony.

W czasie wypowiadania komunikatu mikrokontroler sprawdza, czy komunikat zakończył się i odbiera tony DTMF. Odbierane tony w czasie odtwarzania komunikatu są zapisywane kolejno do pamięci, a po zakończeniu komunikatu procedura przeszukiwania pamięci odnajduje je i uruchamia odpowiednie komunikaty. Zakończenie odtwarzania komunikatu jest sygnalizowane poziomem niskim na wyjściu *RECLE*D układu ISD1420. Do sprawdzenia, czy komunikat został zakończony, wykorzystano przerwanie od portu *RBO*. Niski poziom na tym wejściu powoduje wyzerowanie flagi oznaczającej tryb pracy układu ISD1420. Zastosowanie przerwania umożliwia jednocześnie kontrolowanie, czy został odebrany ton DTMF oraz nie zakończyło się odtwarzanie komunikatu. Dzięki temu tony pojawiające się w czasie odtwarzania komunikatów nie zostaną „zgubione“.



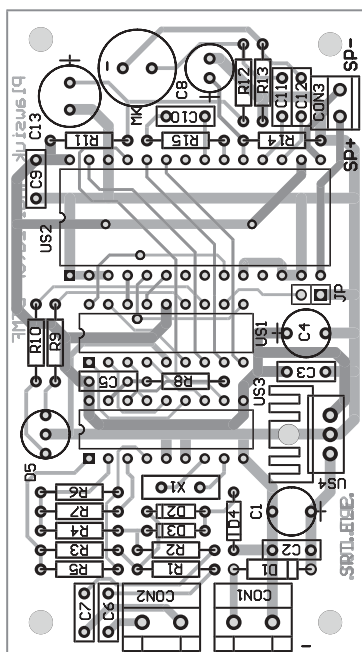
Rys. 2. Algorytm pracy mikrokontrolera

Podsumujmy: naciśnięcie klawisza telefonu jest natychmiast wykrywane i wypowiadany jest odpowiedni komunikat. Nie ma znaczenia, pod jakim adresem zostanie zapisany odebrany ton DTMF, ponieważ przeszukiwana jest cała pamięć.

Montaż i uruchomienie

Po sprawdzeniu prawidłowości montażu wkładamy w podstawki układy scalone. Do złącza CON2 należy dołączyć linię telefoniczną (do linii telefonicznej musi być też dołączony aparat telefoniczny z wybieraniem tonowym), a do złącza CON1 napięcie zasilania o wartości około 9 V i wydajności prądowej około 100 mA. Do złącza CON3 dołączamy głośnik.

Tuż po włączeniu zasilania dioda D5 zaświeci się na zielono, następnie zgaśnie i zaświeci się na czerwono, a po jednej sekundzie również zgaśnie. Oznacza to, że analizator jest gotowy do pracy. Przy pierwszym uruchomieniu nie ma zapisanych odpowiednich komunikatów, dlatego po naciśnięciu dowolnego klawisza na klawiaturze telefonu dioda D5 zaświeci się na zielono, ale żaden komunikat nie zostanie odtworzony. Aby nagrać odpowiednie komunikaty, należy wprowadzić mikrokontroler



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

w tryb nagrywania. W tym celu należy wyłączyć zasilanie, zewrzeć zworkę JP (na czas programowania wskazane jest, aby zamiast tej zworki zastosować przycisk monostabilny, gdyż ułatwi to nagrywanie komunikatów) i włączyć zasilanie. Po włączeniu zasilania dioda D5 zaświeci się na zielono. Następnie rozwieramy zworkę (dioda zgaśnie) i rozpoczynamy nagrywanie komunikatów. Ich zestawienie znajduje się w **tab. 1**.

Nagrywanie odbywa się w następujący sposób: należy nacisnąć klawisz na klawiaturze telefonu (w czasie trwania tonu dioda D5

Tab. 1. Komunikaty zawarte w pamięci układu ISD1420		
L.p.	Klawisz klawiatury	Komunikat
1	1	jeden
2	2	dwa
3	3	trzy
4	4	cztery
5	5	pięć
6	6	sześć
7	7	siedem
8	8	osiem
9	9	dziewięć
10	0	zero
11	*	gwiazdka
12	#	krzyżyk
Tony niedostępne z klawiatury telefonu		
13	A	A
14	B	B
15	C	C
16	D	D

świeci się na zielono), a następnie go zwolnić. W tym momencie mikrokontroler odczytuje wartość naciśniętego klawisza i dalsze operacje dotyczą właśnie tego tonu DTMF. Aby nagrać odpowiadający mu komunikat głosowy, należy zewrzeć zworkę JP (dioda D5 zaświeci się na czerwono) i wypowiedzieć komunikat zgodnie z **tab. 1**. Następnie należy rozewrzeć zworkę. Po rozwarciu zworki dioda D5 zgaśnie, a w wewnętrznej pamięci układu ISD1420 zostanie ustawiony znacznik końca komunikatu. Znacznik ten jest następnie wykorzystywany w czasie odczytu komunikatów, gdyż wyzwolenie odtwarzania od podanego adresu zakończy się po napotkaniu tego znacznika. Choć na każdy komunikat przeznaczona jest jedna sekunda, to czasy trwania poszczególnych komunikatów są krótsze. Gdyby nie były wykorzystywane znaczniki końca wiadomości, to mikrokontroler nie mógłby wyzwolić kolejnego komunikatu przed upłynięciem jednej sekundy. Wykorzystanie więc znaczników końca komunikatów umożliwia odtworzenie kolejnego komunikatu bezpośrednio po zakończeniu poprzedniego, co objawia się płynnością odtwarzania kolejnych komunikatów.

Aby nagrać kolejny komunikat, naciskamy kolejny klawisz na klawiaturze telefonu i powtarzamy nagrywanie.

Czynność nagrywania komunikatów należy powtórzyć dla wszystkich klawiszy telefonu (generujących tony DTMF). W **tab. 1** podano 16 komunikatów, lecz z klawiatury telefonu można wybrać tylko 12 tonów.

Zachowanie kolejności nagrywania komunikatów nie jest konieczne, ponieważ nie są one zapisywane kolejno jeden po drugim. Adres zapisu jest więc określany kolejnością wciśnięcia klawisza. Nie ma więc znaczenia, czy jako pierwszy zapiszemy komunikat klawisza numer „1”, czy „9”. Ważne jest tylko, aby nagrany komunikat odpowiadał naciśniętemu klawiszowi.

W czasie nagrywania komunikatów należy pamiętać, że dla każdego komunikatu przeznaczona jest jedna sekunda i nie należy przekraczać tego czasu, gdyż ko-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R4: 100kΩ
 R5: 51kΩ
 R6: 68kΩ
 R7: 200kΩ
 R8: 300kΩ
 R9, R10: 330Ω
 R11: 1kΩ
 R12, R13: 10kΩ
 R14: 470kΩ
 R15: 5,1kΩ

Kondensatory

C1, C4: 100μF/16V
 C2, C3, C5, C9...C12: 100nF
 C6, C7: 10nF/100V
 C8: 4,7μF/16V
 C13: 220μF/16V

Półprzewodniki

D1: 1N4007
 D2...D4: DZ 15V
 D5: LED dwukolorowa okrągła 5mm
 US1: PIC16F628 zaprogramowany
 US2: ISD1420
 US3: MT8870
 US4: LM7805

Różne

CON1, CON2: ARK2(5mm)
 CON3: ARK2(3,5mm)
 MK: mikrofon pojemnościowy
 X1: rezonator kwarcowy 3,579MHz

munikaty będą „zachodziły” na siebie i w konsekwencji zostaną skasowane znaczniki końca wcześniejszego komunikatu. Wówczas zamiast odtworzenia wskazanego komunikatu zostaną odtworzone zapisane kolejno po sobie ze skasowanymi znacznikami końca.

Po prawidłowym nagraniu wszystkich komunikatów wyłączamy zasilanie i rozwieramy zworkę JP. Po ponownym włączeniu zasilania analizator-dekoder jest gotowy do pracy. Naciśnięcie klawisza na klawiaturze telefonu objawi się komunikatem głosowym odpowiadającym naciśniętemu klawiszowi. W czasie odtwarzania dioda D5 będzie świeciła się na zielono, a w przypadku odtwarzania kilku komunikatów będzie między nimi wygaszona.

Krzysztof Pławiuk, AVT
krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: pcb.ep.com.pl oraz na płycie CD-EP2/2004B w katalogu PCB.